

静的非線形解析を用いた分割施工の高架橋に対する耐震検討

ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社

正会員

〇高田 直明

〃

正会員

中川 秀晴

〃

正会員

田中 俊作

〃

非会員

明翫 奈々

1. はじめに

鉄道と道路の交差部における交通渋滞の解消、踏切事故の防止、また、駅周辺の再開発の一環として各地で鉄道の高架化事業が進められている。一般的に鉄道の高架化は、現在線から仮線、仮線から計画線と、順次線路を切換えながら進められる。また現地の状況により、上下線1線ずつ高架橋を施工する分割施工を採用する場合もある。本研究では、高架橋を分割施工する際に、最適な構造形式を選定するため、2線2柱案（1期施工時：1線1柱）と2線3柱案（1期施工時：1線2柱）の地震時の比較検討を行い、各案の耐震性の考察を行う。

2. 比較検討案

構造形式の比較は、以下の2案について行う。

(1) 2線2柱案

2線2柱とした時の構造一般図を図1に示す。1期施工時は柱1本、杭2本で列車を支持する構造である。完成時柱が2本となるので、2線3柱案と比較して高架下利用に対して有利になる。また、1期施工時に柱が1本となるので、2期施工時の工事用車両の通行等2期の施工性に対しても有利となる。

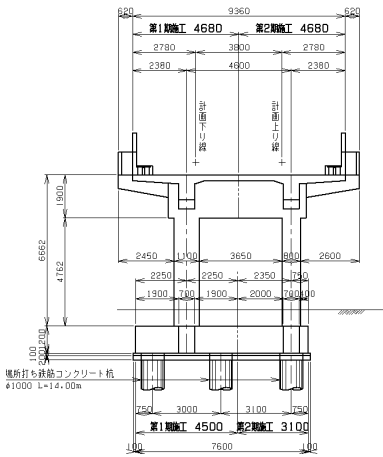


図1 2線2柱案

(2) 2線3柱案

2線3柱とした時の構造一般図を図2に示す。1期施工時は柱2本、杭2本で列車を支持する構造である。1期施工時に柱が2本となるので、構造的に安定し、2線2柱案と比較して1本当たりの柱寸法を小さくできる。また、完成時、柱を同じ寸法と出来るため、景観性に優れる。

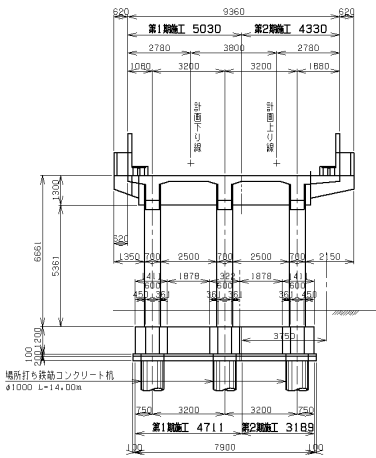


図2 2線3柱案

3. 設計条件

耐震設計における主な設計条件を表1、表2に示す。1期施行時、完成時とも同じ耐震性能で設計することとし、L2地震動に対して耐震性能Ⅱを満足させる。また、地盤区分はG4地盤として設計を行う。部材の損傷レベルは鉄道標準（耐震設計）¹⁾に従い設定する。

表1 耐震設計時の設計条件

設計想定地震動と耐震性能	設計条件	
	L1地震動	耐震性能Ⅰ
	L2地震動(スペクトルⅡ)	耐震性能Ⅱ
	地域別係数	1.0
	地盤区分	G4地盤

表2 部材の損傷レベル

構造物	耐震性能Ⅰ	耐震性能Ⅱ
部材の損傷レベル	上層梁	2
	地中梁	2
	柱	3
	杭	2

4. 検討結果

(1) 2線2柱3杭案

検討結果を表3に示す。表3から分かるように、柱に関しては1期施工時の設計(1線1柱)で部材断面が決定しているのに対し、その他の部材は完成時の設計で部材断面が決定している。一期施工時は列車荷重を柱1本で支持する必要があり、構造上不安定となったためであると考えられる。また、上層梁は部材高さが1900mmと非常に大きなものとなった。これは、1期施工時に決定した柱断面が大きいため、完成時の検討において部材の剛性が大きくなり、その結果、降伏震度および最大応答震度が大きくなったためである。施行時、完成時の降伏震度および応答震度を表4に示す。

表3 検討結果(2線2柱案)

断面形状		【施行時】		【完成時】	
		柱(1期側)	柱(1期側)	上層梁	
寸法	B (mm)	1000	1000	1000 (Bt=1912)	
	H (mm)	1100	1100	1900	
鉄筋量	主鉄筋	6 - D32 8 - D32	6 - D32 8 - D32	8 - D32 8 - D32 4 - D32	
	せん断補強鉄筋	D19 - 2 組 @125	D19 - 2 組 @125	D19 - 2 組 @125	
L2地震	非線形特性	M-θ	M-θ	M-φ	
	破壊モード	M破壊	M破壊	S破壊	
	せん断破壊の照査	Mdmax/Mm	—	0.331	
		Vdmax/Vud	—	0.931	
	応答値	0.04443	—	0.00164	
	制限値	0.04659	—	0.00198	
	照査	0.954	—	0.826	
L1地震	損傷レベル/損傷レベルの制限	3/3	—	1/1	
	降伏震度	0.416	0.975	降伏せず	
	設計震度	0.378	0.378	0.378	
	Kh/Khy	0.909	0.388	—	
	損傷レベル/損傷レベルの制限	1/1	1/1	1/1	
部材寸法決定事項	主筋	L2(降伏震度)	施行時	L2(損傷レベル)	
	せん断補強鉄筋	L2(損傷レベル)	施行時	L2(せん断耐力)	

表4 降伏震度および応答震度(2線2柱案)

	降伏震度	応答震度
施行時(→)	0.458	0.500
完成時(→)	0.975	1.124

(2) 2線3柱3杭案

検討結果を表5に示す。全ての部材断面は施行時、完成時の違いはあるものの、すべてL2地震動により決定された。また、2線2柱3杭案では完成時の降伏震度が極端に大きくなる結果となったが、2線3柱案では、柱断面が分割施行でない通常のラーメン高架橋の断面と同程度であり、完成時の降伏震度も極端に大きくならなかった。参考に、施行時、完成時の降伏震度および応答震度を表6に示す。

表6 降伏震度および応答震度(2線3柱案)

	降伏震度	応答震度
施行時(←)	0.507	0.682
完成時(→)	0.450	0.617

5. まとめと今後の課題

分割施工の高架橋に対する地震時構造比較検討を行った結果、今回設定した条件下では2線3柱の方が2線2柱の場合と比較して、完成時のL2地震動に対する応答震度を小さくすることができ、地震時安定性に優れることが分かった。また、今後はG4地盤に限らず、その他の地盤区分に対しても比較検討を行い、各案の耐震性の考察を行い、最適な構造形式の検討を行う。

表5 検討結果(2線3柱案)

断面形状		【施行時】			【完成時】			
		柱	上層梁(上部)	上層梁(下部)	柱(端部)	柱(中間部)	上層梁(上部)	上層梁(下部)
寸法	B (mm)	700	600 (Bt=1225)		700	700	600 (Bt=1225)	
	H (mm)	700	1300		700	700	1300	
鉄筋量	主鉄筋	6 - D29	5 - D32 2 - D32	5 - D32	6 - D29	6 - D29	5 - D32 2 - D32	5 - D32
	せん断補強鉄筋	D16 - 1.5 組@150 (D16 - 1.5 組@200)	D19 - 2 組 @125		D16 - 1.5 組@150 (D16 - 1.5 組@200)	D16 - 1.5 組@150 (D16 - 1.5 組@200)	D19 - 2 組 @125	
L2地震	非線形特性	M-θ	M-φ		M-θ	M-θ	M-φ	
	破壊モード	M破壊	S破壊	S破壊	M破壊	M破壊	M破壊	M破壊
	せん断破壊の照査	Mdmax/Mm	—	0.729	0.636	—	—	—
		Vdmax/Vud	—	0.903	0.863	—	—	—
	応答値	0.03007	0.002258	0.00148	0.030922	0.033007	0.002655	0.001725
	制限値	0.04082	0.003035	0.002385	0.040218	0.046604	0.003032	0.002383
	照査	0.736	0.744	0.621	0.769	0.708	0.876	0.724
L1地震	損傷レベル/損傷レベルの制限	2/3	1/1	1/1	2/3	3/3	1/1	1/1
	降伏震度	0.507	降伏せず	降伏せず	0.464	0.450	降伏せず	降伏せず
	設計震度	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378
	Kh/Khy	0.746	—	—	0.815	0.840	—	—
	損傷レベル/損傷レベルの制限	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
部材寸法決定事項	主筋	完成時	完成時	完成時	L2(損傷レベル)	L2(配筋上)	L2(損傷レベル)	L2(損傷レベル)
	せん断補強鉄筋	完成時	L2(せん断耐力)	L2(せん断耐力)	L2(損傷レベル)	L2(損傷レベル)	施行時	施行時

《参考資料》 1) 鉄道総合技術研究所(2002.10), 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計